

La scelta del turno in relazione alle nuove problematiche ambientali

Leonardo Casini *, Donato Romano *

1. Introduzione

La scelta dell'ottimo turno rappresenta una delle più importanti decisioni dell'imprenditore forestale. Tradizionalmente essa prende in considerazione la sola funzione di produzione legnosa della foresta ed è stata formalizzata come l'individuazione della durata che massimizza un certo parametro obiettivo¹.

I diversi Autori che si sono occupati del problema hanno scelto parametri differenti, che vanno dal valore dell'incremento medio, al tasso interno di rendimento, al valore attuale dei redditi forestali di uno o di infiniti cicli produttivi.

Come ha dimostrato Samuelson (1976), però, solo il « turno finanziario » è quello teoricamente corretto dal punto di vista economico. Nella prima fase del lavoro sarà pertanto effettuata un'analisi critica di tale modello.

Successivamente verrà affrontato il problema dell'internalizzazione nella funzione obiettivo delle esternalità connesse con l'esistenza del bosco, cercando di mettere in evidenza le correlazioni esistenti fra i risultati ottenuti con questo tipo di approccio e quelli del turno finanziario.

In entrambi i casi saranno inoltre effettuate alcune considerazioni di statica comparata.

* Borsisti presso il Dipartimento Economico Estimativo Agrario e Forestale dell'Università di Firenze.

I due Autori hanno contribuito in egual misura al lavoro. La stesura è stata curata dal dott. Casini per i par. 2, 3 e 4 e dal dott. Romano per i par. 5 e 6. I par. 1 e 7 sono stati scritti congiuntamente.

¹ Il problema del turno è uno dei più classici esempi di scelta della durata ottima di un investimento tecnicamente non datato. Come tale esso rientra in quel capitolo della teoria economica che si occupa della pianificazione di lungo periodo (Cfr. De Benedictis e Cosentino, 1979).

2. Le ipotesi teoriche

I modelli per la scelta dell'ottimo turno si basano su alcune ipotesi teoriche non sempre chiaramente esplicitate dai vari Autori che si sono occupati del problema.

Dal punto di vista economico, esse possono essere sinteticamente ricondotte a due principali assunzioni (Samuelson, 1976):

- a) esistenza di mercati perfettamente concorrenziali relativamente al capitale, ai fondi forestali ed al legname in piedi;
- b) permanenza delle condizioni nel tempo riguardo ai prezzi ed alle quantità degli *inputs* e degli *outputs*.

Dal punto di vista analitico si assume che la funzione di accrescimento legnoso, $f(T)$, sia monotona crescente, doppiamente differenziabile e definita nell'intervallo $(0, a)$, dove $a: f'(a) = 0$.

Date queste ipotesi teoriche il problema della scelta dell'ottimo turno può essere affrontato in un'ottica statica, ipotizzando cioè turni successivi di uguale lunghezza².

3. Il turno finanziario (soluzione di Faustmann)

La soluzione corretta per la scelta dell'ottimo turno trova la sua origine nella formula per il calcolo del valore del fondo forestale proposta da Faustmann (1849), ed applicata per la prima volta al problema dei turni da Pressler (1860).

La funzione obiettivo da massimizzare è rappresentata dal valore attuale, $F(T)$, dei redditi derivanti da tutti i futuri cicli forestali, di durata T , ipotizzati costanti e perpetui, scontati al tasso di mercato r ³:

$$m \frac{q}{T} x F(T) = m \frac{q}{T} x [pf(T) - wl e^{rT}] (e^{rT} - 1)^{-1}, \quad [1]$$

² Per comodità espositiva si assume che i costi costanti siano nulli, che non vi siano cure colturali e che il prezzo di machiatico non sia influenzato dall'età degli alberi. Tali ipotesi, benché piuttosto forti, non inficiano i risultati cui si giunge nell'analisi (cfr. Näslund, 1969; Schreuder, 1971; Samuelson, 1976).

³ Nel corso del lavoro si utilizzerà la notazione continua del tasso di sconto, anziché quella discreta usualmente adottata in economia ed estimo forestali. Come è noto la relazione per passare dal continuo al discreto è la seguente: $e^r = 1 + i$ dove r ed i rappresentano rispettivamente il tasso di sconto nel continuo e nel discreto.

dove,

p = prezzo di macchiatico,

w = saggio del salario,

l = tempo di lavoro necessario per l'impianto del bosco.

La condizione del primo ordine è rappresentata dalla

$$pf'(T_F) = rpf(T_F) + rF(T_F), \quad [2]$$

che mostra come l'ottimo turno sia individuato dall'età T_F , in cui il ricavo marginale uguaglia i costi marginali, cioè dall'età in cui il valore dell'incremento corrente è uguale alla somma del mancato reddito sul valore di macchiatico all'anno T_F e del costo per l'occupazione della terra per un ulteriore anno (da T_F a T_{F+1}).

Questa condizione è sicuramente verificata nell'intervallo aperto $(0, a)$ in cui è definita la funzione di accrescimento $f(T)$ ⁴. Infatti il primo membro della [2] è una funzione monotona decrescente (Fig. 1a); il secondo membro è invece costituito da due funzioni continue, la prima delle quali è monotona crescente (Fig. 1b), mentre la seconda — quale che sia il suo esatto andamento — tende a $-\infty$ per $T \rightarrow 0$ ed ha un valore positivo per $T = a$ (Fig. 1c). Vi sarà, pertanto, almeno un punto nell'intervallo di riferimento $(0, a)$ in cui la [2] risulterà verificata.

Le caratteristiche della funzione di produzione $f(T)$, inoltre, sono tali per cui risulta verificata anche la condizione del secondo ordine affinché $F(T_F)$ rappresenti un punto di massimo interno. Tale condizione infatti può essere scritta come:

$$pf''(T_F) - rpf'(T_F) - rF'(T_F) - \frac{2r[pf'(T_F) - rpf(T_F) - rF(T_F)]}{1 - e^{-rT_F}} < 0 \quad [3]$$

che è sempre verificata, poiché $f''(T_F) < 0$ ⁵, $f'(T_F) > 0$ mentre $rF'(T_F)$ e l'espressione fra parentesi quadre sono per definizione uguali a zero.

Il turno finanziario rappresenta, come si è detto, la soluzione corretta, poiché tiene conto dell'effetto che la posticipazione o l'anticipazione del taglio definitivo ha su tutti i cicli produttivi futuri: nella [1] infatti si ipotizza un orizzonte economico infinito e quindi

⁴ L'intervallo $(0, a)$ è aperto perché per $T = 0$ e per $T = a$ l'equazione [2] non è soddisfatta.

⁵ La scelta dell'imprenditore, infatti, cadrà sempre nell'intervallo in cui la funzione di produzione presenta incrementi correnti (prodotti marginali) decrescenti.

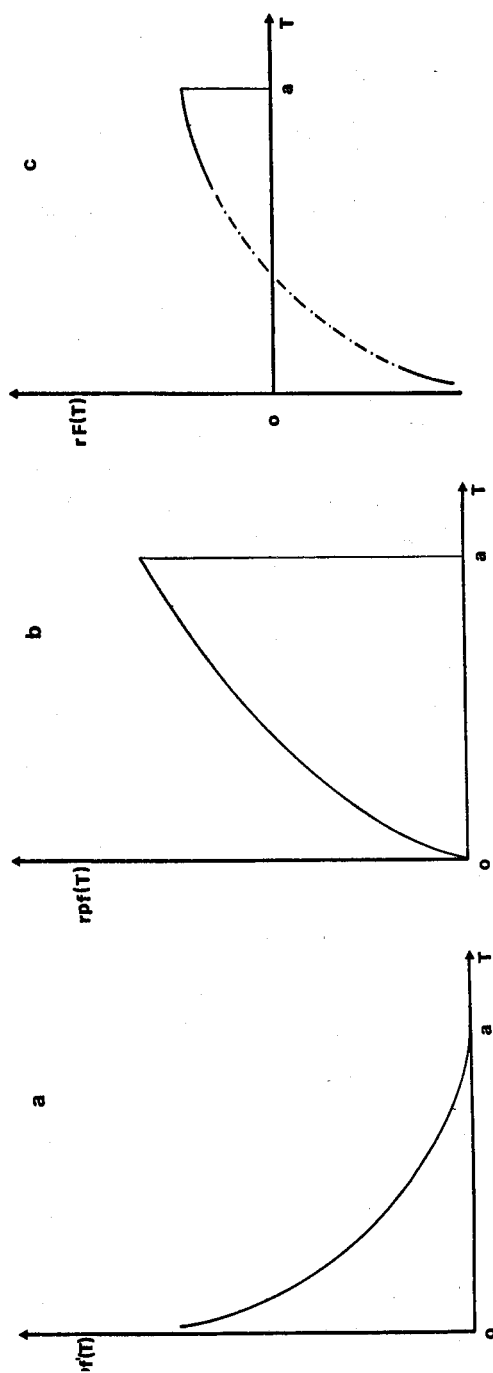


Fig. 1

Andamento delle varie componenti della condizione marginale (2): *a*) valore dell'incremento corrente; *b*) interessi mancati sul valore di macchiatico della massa legnosa in piedi, $f(T)$; *c*) costo opportunità dell'uso per un ulteriore anno del fondo

nella condizione marginale [2] si tiene conto del costo-opportunità della terra. Rispetto al turno economico e a quello del massimo tasso interno di rendimento, il modello di Faustmann appare più realistico, poiché a differenza del primo tiene conto della remunerazione dei capitali investiti e non deve sottostare alle ipotesi, particolarmente restrittive, del modello di Boulding⁶.

4. Statica comparata della soluzione di Faustmann

Il turno individuato dalla soluzione di Faustmann è una funzione dei tre parametri del problema p , w , r :

$$T_F = T_F(p, w, r). \quad [4]$$

Dal punto di vista qualitativo si possono fare delle previsioni circa la direzione del cambiamento di T_F in funzione delle variazioni nei parametri di slittamento.

Esplicitando $F(T_F)$ nella condizione [2] ed esprimendo quest'ultima in termini reali, cioè dividendo ambo i membri per p , si ottiene:

$$\frac{f'(T_F)}{f(T_F) - p^{-1}wl} = \frac{r}{1 - e^{-rT_F}}, \quad [5]$$

dove il termine di sinistra può essere interpretato come il saggio di accrescimento percentuale netto del bosco e quello di destra come una funzione del saggio d'interesse.

In Fig. 2 è riportato l'andamento del primo e del secondo membro della [5] in funzione di T : ambedue le funzioni sono monotone decrescenti e l'età di ottimo turno, T_F , è individuata dal punto in cui la curva che rappresenta il saggio di incremento percentuale interseca la curva del saggio di interesse (condizione del 1° ordine) dall'alto (condizione del 2° ordine).

Un primo elemento che si ricava dall'eq. [5] e dalla Fig. 2, è che, a parità di r , il turno è influenzato dalla variazione relativa del prezzo di vendita rispetto al saggio del salario, piuttosto che dalle variazioni assolute di p e w .

Con costi di impianto maggiori di zero, un incremento (una diminuzione) nel prezzo di vendita del legname comporta, *coeteris*

⁶ Cfr. Bentley e Teenguarden (1965).

paribus, uno spostamento verso l'alto di $f'(T_F)/[f(T_F) - p^{-1}wl]$ e quindi una riduzione (un allungamento) del turno. Lo stesso avviene in presenza di una diminuzione del saggio del salario, rimanendo costanti gli altri parametri.

Infine si può notare come esista relazione inversa tra r e T_F . Infatti un aumento del saggio d'interesse a parità di condizioni, comporta un innalzamento della curva $r/(1 - e^{-rT})^{-1}$ e quindi un'anticipazione dell'età di ottimo turno.

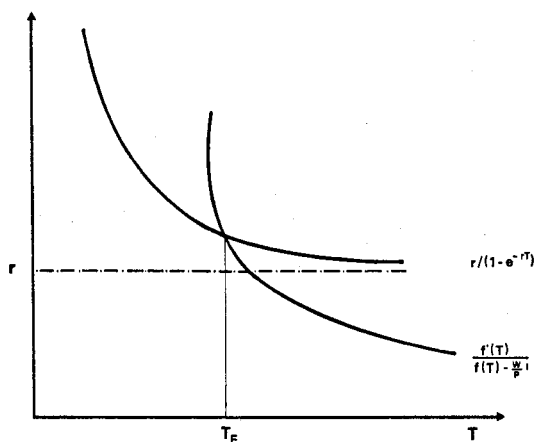


FIG. 2

Rappresentazione grafica della (5) (da Bowes e Krutilla, 1985 - modificato)

5. Scelta del turno ed uso multiplo del bosco (soluzione di Hartmann)

Il modello di Faustmann rispecchia l'impostazione « tradizionale » del problema del turno, che non considera le esternalità paesaggistico-ambientali connesse con l'esistenza del bosco.

Tale approccio deriva, oltre che da una effettiva difficoltà a trattare esplicitamente entità che per loro natura sono senza prezzo, anche dalla minore sensibilità presente nel passato rispetto alle problematiche ambientali.

Oggi invece l'imprenditore, soprattutto se pubblico, non può non tenere conto di tali esternalità, per cui la gestione delle risorse

forestali si indirizza sempre più verso modelli che considerano esplicitamente le diverse funzioni esercitate dal bosco (uso multiplo).

Tale tendenza si manifesta anche in relazione al problema della scelta dell'ottimo turno. Nell'ultimo decennio, infatti, sono apparsi i primi contributi che hanno tentato di internalizzare gli effetti esterni nella funzione obiettivo di massimizzare.

Hartmann (1976) ha proposto una generalizzazione del problema di Faustmann inserendo nella [1] il valore del flusso dei servizi paesaggistico-ambientali erogati dal bosco.

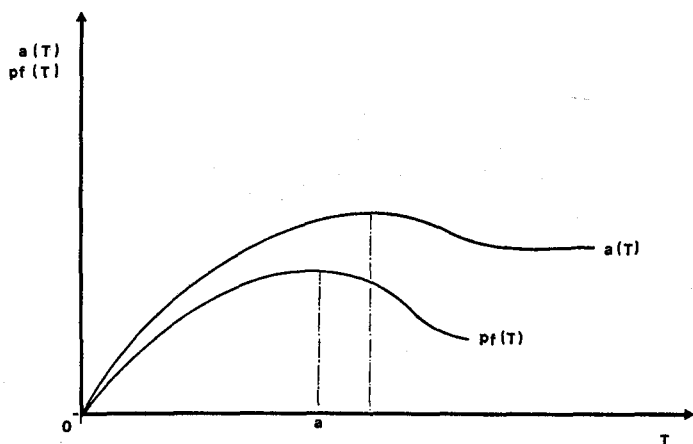


FIG. 3
Andamento della $pf(T)$ e della $a(T)$

Tale valore è espresso come funzione dell'età del popolamento, $a(T)$, e probabilmente presenta un andamento simile a quello riportato in Fig. 3, dove si vede come $a(T)$ assuma valori superiori a $pf(T)$ e raggiunga un primo massimo (generalmente locale) in un momento successivo alla culminazione della $f(T)$. Si ipotizza inoltre che la funzione $a(T)$ sia continua e doppiamente differenziabile in T .

Indicando con $\int_0^T a(n) e^{-rn} dn$ il valore attuale del flusso complessivo dei servizi erogati dal bosco in un singolo ciclo produttivo (di durata T), la funzione obiettivo da massimizzare può essere espressa come

$$H(T) = h(T) (1 - e^{-rT})^{-1} = \left[pf(T) e^{-rT} + \int_0^T a(n) e^{-rn} dn - wl \right] (1 - e^{-rT})^{-1}. \quad [6]$$

L'età di ottimo turno secondo Hartmann, T_H , è individuata dalla seguente condizione del primo ordine:

$$pf'(T_H) + a(T_H) = rpf(T_H) + rH(T_H), \quad [7]$$

che indica, analogamente alla [2], come all'età ottima l'incremento marginale dei benefici debba uguagliare l'incremento marginale dei costi. Il primo membro è rappresentato dalla somma dei valori dell'incremento corrente e dei servizi erogati all'età T_H . Il secondo membro, invece, è costituito dalla somma dei costi opportunità, all'età T_H , del valore di macchiatico, $pf(T_H)$, e del capitale terra, $H(T_H)$ ⁷.

I servizi paesaggistico-ambientali sono di natura alquanto diversa e pertanto l'andamento di $a(T)$ non può essere determinato *a priori*. È quindi possibile che la condizione [7] possa essere verificata a diverse età, che rappresentano però solo dei minimi o dei massimi relativi⁸, o addirittura che essa non sia mai verificata. Quest'ultimo caso può manifestarsi se il valore dei servizi è sufficientemente grande e crescente con l'età del bosco.

È però importante sottolineare che anche ove fossero verificate le condizioni del primo e del secondo ordine, l'analisi fin qui condotta potrebbe risultare incompleta. L'andamento della $a(T)$ potrebbe essere, infatti, tale da determinare un massimo interno, $H(T_H)$, inferiore al valore del $\lim_{T \rightarrow \infty}$. Ciò significa che la soluzione ottimale sarebbe quella di non tagliare mai il bosco [Strang, 1983].

Questa possibilità è illustrata nella Fig. 4, che rappresenta l'andamento della $H(T)$ al variare dell'età. L'invecchiamento della foresta determina delle fluttuazioni⁹ nella $H(T)$ che consentono di individuare uno o più massimi interni T_H . Essi però risultano inferiori al valore assunto dalla funzione all'infinito, a causa, ad esempio, del notevole valore dei servizi paesaggistico-ambientali erogati da una foresta *climax*. Tale dipendenza della $H(T)$ dalla $a(T)$, per

⁷ In questo caso però $H(T_H)$ riflette il valore del fondo forestale come sede di produzione sia di materia prima legnosa, che di servizi paesaggistico-ambientali.

⁸ La condizione del secondo ordine perché un punto sia di massimo relativo è $f''(T_H) - rf'(T_H) + a'(T)p^{-1} < 0$.

⁹ L'invecchiamento della foresta provoca infatti una diminuzione del valore della massa legnosa in piedi (fase di senescenza) e certamente influisce anche sul valore dei servizi paesaggistico-ambientali connessi con l'esistenza del bosco. Il segno e l'entità di $pf'(T)$ e di $a'(T)$ determinano le fasi ascendenti o discendenti della $H(T)$.

$T \rightarrow +\infty$, è testimoniata dallo sviluppo del seguente limite:

$$\lim_{T \rightarrow +\infty} H(T) = \lim_{T \rightarrow +\infty} h(T) = \lim_{T \rightarrow +\infty} \int_0^T a(n) e^{-rn} dn - wl.$$

In generale il turno di Hartmann presenta una durata compresa tra quella del turno finanziario e quella che massimizza il valore attuale dei soli servizi paesaggistico-ambientali, e la sua lunghezza dipende dai tassi d'incremento relativi del valore dei servizi e della produzione legnosa [Bowes e Krutilla, 1985].

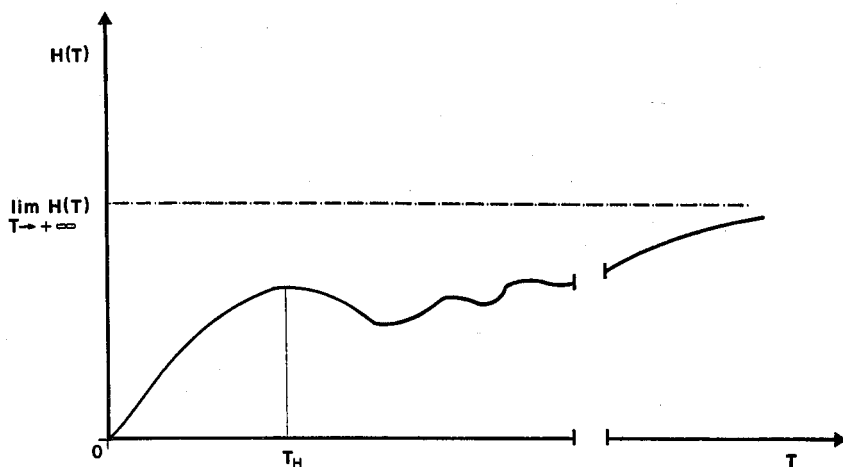


FIG. 4

Andamento della $H(T)$, nel caso che assuma valore massimo assoluto per $T \rightarrow +\infty$

Infatti, esplicitando $H(T)$, nella condizione marginale [7] e riscrivendo quest'ultima nel modo seguente:

$$(1 - \alpha) \left\{ a(T) / \int_0^T a(n) e^{-rn} dn \right\} + \alpha \{ pf'(T) / [pf(T) - wl] \} = \frac{r}{1 - e^{-rT}}, \quad [8]$$

dove

$$\alpha = \frac{pf(T) - wl}{pf(T) + \int_0^T a(n) e^{-rn} dn - wl},$$

si verifica immediatamente che nel caso in cui il valore dei servizi paesaggistico-ambientali sia nullo, la [8] coincide con la [3] e

quindi $T_H = T_F$, mentre se tale valore aumenta, $\alpha \rightarrow 0$ e T_H tende quindi alla durata per cui è massimo il valore scontato dei soli servizi paesaggistico-ambientali.

Dalla [8] si ricava che se il tasso di incremento relativo del valore dei servizi è sufficientemente elevato e crescente con l'età del popolamento, T_H sarà sensibilmente più grande di T_F , anche nel caso in cui il valore assoluto dei servizi sia modesto.

Si può inoltre facilmente verificare che se il valore di tali servizi è indipendente dall'età, il turno ottimo nel caso di un bosco ad uso multiplo, coinciderà con quello che si avrebbe se la gestione fosse finalizzata unicamente alla produzione legnosa, cioè: $T_H = T_F$.

Purtroppo gli studi riguardanti l'andamento di $a(T)$ sono poco numerosi e giungono spesso a conclusioni discordanti riguardo alla sua influenza sulla lunghezza di T_H . Ad esempio CALISH *et al.* (1978), dopo aver effettuato una stima di massima di $a(T)$, giungono alla conclusione che il valore dei servizi paesaggistico-ambientali ha poca influenza sulla determinazione dell'ottimo turno¹⁰.

RIITERS *et al.* (1982), adottando un modello più complesso, considerano la scelta dell'ottimo turno nel caso di un bosco gestito per la produzione congiunta di legname e di foraggio: l'internalizzazione dei benefici derivanti dal pascolo nella funzione obiettivo conduce ad un turno più breve e ad un'intensificazione dei diradamenti.

HARTMANN (1976) e STRANG (1983) affrontando il problema in chiave teorica, ipotizzano invece che l'andamento di $a(T)$ sia crescente con l'età del bosco e ritengono quindi che T_H sia maggiore di T_F .

6. Statica comparata della soluzione di Hartmann

La statica comparata della soluzione di Hartmann si presenta alquanto più complicata rispetto a quella della soluzione di Faustmann. Si riportano di seguito i principali risultati cui essa conduce a partire dalla [8] [BOWES e KRUTILLA, 1985].

Un aumento del prezzo di vendita del legname determina un

¹⁰ Ciò sembra da ricondursi al basso tasso di incremento percentuale nel valore dei servizi adottato dagli Autori. Probabilmente un tasso di incremento più elevato avrebbe avuto un impatto maggiore sulla determinazione di T_H .

aumento di α e quindi, nel caso che $T_H > T_F$ ($T_H < T_F$), una riduzione (un aumento) del turno di Hartmann, a parità di altre condizioni.

Un incremento di $a(n)$, percentualmente uguale per ogni età n , comporta un allungamento (un accorciamento) del turno di Hartmann, se $T_H > T_F$ ($T_H < T_F$). Infatti un aumento del valore dei servizi ambientali provoca un aumento del peso relativo di tali benefici $(1-\alpha)$, rispetto ai ricavi dovuti alla produzione legnosa (α).

Un incremento nei salari comporta sicuramente un aumento del turno di Hartmann, se $T_H < T_F$. Invece nel caso in cui $T_H > T_F$, l'aumento di w comporta una riduzione di T_H solo se $a'(T_H) > r p f'(T_H) - p f''(T_H)$.

Nel caso del turno di Hartmann la variazione del tasso di interesse provoca due effetti contrapposti: il termine $r(1-e^{-rT_H})^{-1}$ aumenta all'aumentare di r , come per il turno di Faustmann, ma contemporaneamente diminuisce il valore dell'integrale $\int_0^{T_H} a(n) e^{-rn} dn$. Se il peso del valore dei benefici ricreativi è sufficientemente alto relativamente al valore della produzione legnosa, un incremento nel tasso d'interesse potrebbe anche condurre ad un allungamento di T_H .

7. Conclusioni

Per quanto i modelli tradizionalmente proposti dalla letteratura forestale per la scelta dell'ottimo turno sembrano diversi, essi presentano in realtà una sostanziale identità concettuale: tali modelli cercano di massimizzare il valore attuale del flusso scontato dei redditi derivanti dalla vendita degli assortimenti legnosi.

SAMUELSON (1976) ha dimostrato come fra tutti i turni finora proposti, quello finanziario rappresenti il modello economicamente « corretto » nell'ipotesi di esistenza di mercati perfettamente concorrenziali e nel caso che l'imprenditore forestale sia un privato. Se l'imprenditore è invece un Ente pubblico essa offre il fianco ad alcune critiche.

Dato che il parametro obiettivo che l'operatore pubblico cerca di massimizzare è il benessere sociale netto, esso non può considerare la sola funzione di produzione legnosa, ma deve puntare a massimizzare una « funzione obiettivo multiuso », in cui siano internalizzate anche tutte le esternalità connesse con l'esistenza del

bosco (protezione idrogeologica, ricreazione all'aperto, conservazione di *habitat* particolari, ecc.).

Ciò è esattamente quello che cerca di fare il modello proposto da HARTMANN (1976) ed a cui si sono ispirati vari Autori negli ultimi anni.

Da tale modello si evince chiaramente che nel caso i benefici degli effetti esterni siano crescenti con l'età del bosco, l'ottimo turno è sempre più lungo di quello individuato col modello di Faustmann. Se, inoltre, il valore di tali esternalità è sufficientemente elevato, potrebbe essere addirittura ottimale non tagliare mai il soprassuolo.

L'utilizzazione di una siffatta funzione obiettivo comporta l'adozione di indicatori di valore diversi rispetto al prezzo di mercato (che tra l'altro generalmente non esiste per i servizi paesaggistico-ambientali), in grado cioè di tener conto delle reali utilità fornite alla società dai vari beni e servizi prodotti dal bosco.

Si dovrà procedere pertanto alla determinazione di prezzi ombra ed all'attualizzazione di tali valori per mezzo di un opportuno saggio di sconto sociale¹¹.

Per quanto tale saggio di sconto sia generalmente piuttosto basso non sembra siano condivisibili le richieste che negli ultimi anni sono state avanzate da taluni ambientalisti, circa l'adozione di un saggio nullo¹².

D'accordo con DASGUPTA (1982) si ritiene che qualsiasi politica che fosse svincolata dai prezzi ombra, ed in particolare dal saggio sociale di sconto, dovrebbe essere guardata con sospetto, poiché è soltanto in pochi particolarissimi casi che l'adozione di un saggio nullo è approssimativamente ottimale.

Il modello di Hartmann, benché estremamente interessante e valido dal punto di vista teorico, presenta notevoli difficoltà applicative, collegate alla valutazione dei prezzi ombra e, in particolare, all'andamento del valore dei servizi paesaggistico-ambientali in funzione dell'età del bosco.

¹¹ Cfr. in proposito Casini L. (1986).

¹² Tali richieste sono particolarmente pressanti soprattutto negli USA e nei Paesi Occidentali più avanzati, dove vi è una maggiore sensibilità verso le questioni ambientali. Secondo alcuni di questi Autori [cfr. EHRLICH *et al.*, 1977, p. 275]: «*In a sense, many forests have been treated as 'terrestrial whales' — harvested with no consideration for maximum sustainable yield but rather with an eye on maximum return on capital*» [riportato in DASGUPTA, 1982].

È pertanto auspicabile che nei prossimi anni una parte degli sforzi della ricerca economico-forestale si rivolga all'individuazione di modelli teorici ed alla realizzazione di indagini empiriche che consentano di quantificare con sufficiente attendibilità tali parametri.

BIBLIOGRAFIA

- BENTLEY W. R. e TEEGUARDEN D. E. (1965), *Financial Maturity: A Theoretical Review*, Forest Science, 11 (1): 76-87.
- BOWES M. D. e KRUTILLA J. V. (1985), *Multiple Use Management of Public Forestlands*, in KNEESE A. V. e SWEENEY J. L. (eds.), *Handbook of Natural Resources and Energy Economics*, vol. II, North Holland, Amsterdam.
- CALISH S., FIGHT R. D. e TEEGUARDEN D. E. (1978), *How Do Nontimber Values Affect Douglas-Fir Rotation?*, Journal of Forestry 76: 217-221.
- CASINI L. (1986), *Aspetti e problemi della valutazione dei rimboschimenti*, Monti e Boschi 37 (6): 73-80.
- DASGUPTA P. (1982), *The Control of Resources*, Basil Blackwell, Oxford.
- DE BENEDICTIS M. e COSENTINO V. (1979), *Economia dell'azienda agraria: Teoria e Metodi*, Il Mulino, Bologna.
- EHRLICH P., EHRLICH A. e HOLDREN J. (1977), *Ecoscience: Population, Resources, Environment*, W. H. Freeman and Co., San Francisco.
- FAUSTMANN M. (1849), *Berechnung des Wertes welchen Waldboden sowie noch nicht haubare Holzbestände für Waldwirtschaft besitzen*, Allgemeine Forst und Jagd-Zeitung 25: 441-55.
- HARTMANN R. (1976), *The Harvesting Decision when a Standing Forest has Value*, Economic Inquiry 14: 52-58.
- NÄSLUND B. (1969), *Optimal Rotation and Thinning*, Forest Science 15: 446-51.
- PRESSLER M. R. (1860), *Aus der Holzzuwachstlehre* (zweiter Artikel), Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 36: 173-91.
- RIITERS K., BRODIE J. D. e HANN D. (1982), *Dynamic Programming for Optimization of Timber Production and Grazing in Ponderosa Pine*, Forest Science 28: 517-26.
- SAMUELSON P. A. (1976), *Economics of Forestry in an Evolving Society*, Economic Inquiry 14: 466-92.
- SCHREUDER G. F. (1971), *The Simultaneous Determination of Optimal Thinning Schedule and Rotation for an Even-Aged Forest*, Forest Science 17: 333-39.
- STRANG W. J. (1983), *On the Optimal Forest Harvesting Decision*, Economic Inquiry 21: 576-83.